

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Racionalizace výroby složité rotační součásti

***Production Rationalization of Complicated Rotary
Workpiece***

Student:

Ladislav Vydra

Vedoucí bakalářské práce:

Doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.

Ostrava 2009

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 - školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB - TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - bakalářskou práci nebo poskytnou licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB -TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

.....

Ladislav Vydra

Adresa trvalého pobytu diplomanta: **Ladislav Vydra**

Unčovice 32

784 01 Litovel

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VYDRA, L. Racionalizace výroby složité rotační součásti. Ostrava: katedra obrábění a montáže, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2009, 44 s. Bakalářská práce, vedoucí Vrba, V.

Bakalářská práce se zabývá vhodným výběrem obráběcích strojů a nástrojů za účelem převedení výroby součásti na novou technologii z důvodu navýšení její produkce. Jedná se o obrábění rozměrné součásti, v tomto případě posuvové tyče, se snahou o zefektivnění výroby a snížení výrobních nákladů. V úvodní části jsou charakterizovány stroje, pro obrábění rozměrných součástí, dále řezné materiály a jejich skupiny. Hlavní část práce se zabývá volbou modernějších a výkonnějších strojů pro obrábění dané součásti, dále návrhem řezných nástrojů a jejich materiálů. Závěr práce je technicko-ekonomické zhodnocení nově navržené technologie.

ANOTATION OF THESIS

VYDRA, L. Production Rationalization of Complicated Rotary Workpiece. Ostrava: Department of Cutting and Assembly, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical University of Ostrava, 2009, 44 p. Bachelor Thesis, head: Vrba, V.

Bachelor Thesis deals with selection of suitable machine tools in order to transfer the part production on new technology by reason of increasing its annual production. It concerns cutting of the sizable parts, in this case the feed rod, with effort to streamline the production and reduce the production expenses. At the beginning the machines for cutting the sizable parts are characterized, furthermore cutting material and its groups. The main part deals with the choice of more modern and efficient machines for cutting the given part, next with the cutting machines proposal, their material, it describes their shape and geometry. The end of this work belongs to the technoeconomic evaluation of the new proposed technology.

Obsah bakalářské práce

1. Úvod.....	2
2. Obecná charakteristika daného problému.....	3
2.1. Spolupracující firma.....	4
3. Problematika obrábění složitých součástí.....	5
3.1. Obráběcí stroje.....	5
3.1.1 Druhy obráběcích strojů.....	5
3.1.2 Pracovní přesnost obráběcích strojů.....	6
3.1.3 Rozdělení obráběcích strojů dle rozhodující operace.....	7
3.2 Soustruhy.....	7
3.2.1 Hrotové soustruhy.....	7
3.2.2 Svislé soustruhy.....	9
3.2.3 Poloautomatické soustruhy.....	10
3.2.4 Automatické soustruhy.....	11
3.3 Frézovací stroje.....	12
3.3.1 Konzolové frézky.....	12
3.3.2 Stolové frézky.....	15
3.3.3 Rovinné frézky.....	16
3.4 Brousící stroje.....	17
3.4.1 Hrotové brusky.....	17
3.4.2 Bezhroté brusky.....	17
3.4.3 Brusky na díry.....	18
3.4.4 Vodorovné rovinné brusky.....	19
3.4.5 Svislé rovinné brusky.....	20
3.5 Nástrojové materiály.....	21
3.5.1 Nástrojové oceli.....	21
3.5.1.1 Nástrojové oceli nelegované.....	22
3.5.1.2 Nástrojové oceli legované.....	22
3.5.1.3 Rychlořezné oceli.....	23
3.5.1.4 Rychlořezné oceli vyráběné práškovou metalurgií.....	23
3.5.2 Slinuté karbidy.....	23
3.5.2.1 Nepovlakované slinuté karbidy.....	24

3.5.2.2	Povlakované slinuté karbidy.....	25
3.5.3	Cermety.....	25
3.5.4	Řezná keramika.....	26
3.5.4.1	Řezná keramika na bázi oxidu hlinitého.....	27
3.5.4.2	Řezná keramika na bázi nitridu křemíku.....	28
3.5.5	Supertvrdé řezné materiály.....	28
3.5.5.1	Polykrystalický kubický nitrid bóru.....	29
3.5.5.2	Polykrystalický diamant.....	29
4.	Návrh moderní technologie.....	30
4.1	Stávající technologie výroby.....	30
4.1.1	Obráběný materiál.....	30
4.1.2	Použité stroje a nástroje u jednotlivých operací.....	30
4.1.2.1	Soustružení.....	30
4.1.2.2	Frézování.....	33
4.1.2.3	Broušení	35
4.2	Návrh nové technologie.....	36
4.2.1	Soustružení + frézování.....	36
4.2.2	Broušení.....	40
5.	Technicko – ekonomické zhodnocení.....	41
5.1	Stávající technologie.....	41
5.2	Nová technologie.....	41
5.3	Porovnání nákladů.....	42
6.	Závěr.....	42
	Použitá literatura.....	43

1. Úvod

Strojírenská technologie jako věda analyzuje výrobní proces do všech podrobností tak, aby byly vytvořeny účelné a ekonomické podmínky pro aplikaci nejnovějších poznatků vědy a techniky ve výrobním procesu a ze všech technických věd má největší význam pro dosažení maximální produktivity a hospodárnosti výroby [2].

Celé strojírenství v sobě zahrnuje strojírenské materiály, konstrukci (navrhování strojů a zařízení) a technologii (výrobu širokého sortimentu různých strojů a zařízení).

Skutečnost, že vývoj strojů a zařízení je ovlivněn výsledky vývoje strojírenských a stavem technologických možností výroby jenom zdůrazňuje nutnost chápat a studovat strojírenství ve všech těchto souvislostech.

Stroje a zařízení: soustavy se systémy různých mechanismů pro přenos energie a informace k provádění požadované funkce: do 30. let 20. století převažovaly mechanismy s pevnou vazbou, později je vývoj strojů postaven na kombinaci různých druhů mechanismů.

Vývoj materiálů, technologii a strojů v posledních letech významně (progresivně) ovlivňují moderní elektronické prvky a softwarové prostředky v kombinaci s novými možnostmi výpočetní techniky [1]

2. Obecná charakteristika daného problému

Bakalářská práce vznikla na základě spolupráce s firmou Středomoravská metalurgická a strojírenská a.s. (SMS) , která sídlí na adrese Řepčinská 86, 779 00 Olomouc.

Cílem této práce je převedení výroby složité rotační součástí, což je v tomto případě posuvová tyč, na modernější a progresivnější stroje. Výroba se převádí na tyto výkonnější stroje z důvodu navýšení její produkce. Snaha je dosáhnout vyšší kvality obrábění, taktéž urychlení obráběné součásti a v neposlední řadě také snížení výrobních nákladů na výrobu.

Při zavádění nové technologie byla důležitá výbava strojového parku firmy a její ekonomické možnosti. Současná výbava strojního parku je dostatečně kvalitní, takže možnost využití výkonnějších a modernějších strojů pro nově navrhovanou technologii je poměrně velká. V souvislosti se zavedením nové technologie nebude nutné kupovat nové stroje, což by zřejmě nebylo z ekonomického hlediska výhodné.

Jako první krok bude potřeba vybrat vhodné stroje pro nově navrženou technologii, která splní požadavky na kvalitní obrobení součástí. V tomto případě nese na obrábění součástí největší podíl soustružení, dále pak frézování a broušení. Pro operace soustružení a frézování budou vybrány nástroje z vhodných materiálů. Obrobkem je posuvová tyč větších rozměrů. Jako materiál je použita ocel jakosti 11 600.

Moderní navržené stroje v kombinaci s vhodně zvolenými nástroji nám v konečném důsledku umožní zvýšit parametry obrábění, tím pádem se nám zkrátí i časi samotného obrábění.

2.1 Spolupracující firma

Středomoravská metalurgická a strojírenská akciová společnost byla založena v roce 1993 privatizací části Moravských železáren.



Společnost se zabývá:

- Výrobou slévárenských kovových modelových zařízení
- Výrobou zápusťkových zařízení včetně odstřihovadel
- Obráběním malo i velkosériových odlitků a výkovků
- Měřicí a kontrolní činností strojních součástí
- Konstrukční a technologickou činností v oblasti modelových zařízení, jaderníků a zápusťkových zařízení
- Obchodní činností v oblasti výkovků, odlitků z TvL a temperované litiny

3. Problematika obrábění složitých součástí

3.1 Obráběcí stroje

Obráběcí stroj představuje základní prvek obráběcího systému (stroj-obrobek-nástroj), ve kterém se realizuje vlastní obráběcí proces. Technologické vlastnosti obráběcího stroje významně ovlivňují výsledný efekt obráběcího procesu jak z hlediska jeho hospodárnosti, tak i z hlediska parametrů obrobené plochy [2].

3.1.1 Druhy obráběcích strojů

Obráběcí stroje lze charakterizovat z různých technologických hledisek, jako např. způsobu obrábění, konstrukčně-technologického provedení, stupně mechanizace automatizace a pod.

Podle způsobu obrábění se rozlišují obráběcí stroje soustružnické, vyvrtávací, frézovací, hoblovací, protahovací atd.

Podle konstrukčně-technologického provedení se uplatní stroje *univerzální* (univerzální soustruhy, univerzální frézky, univerzální brusky); *speciální* (podtácecí soustruh, závitové frézky, závitové brusky); *jednouúčelové* (obráběcí stroje koncipované pro jednu operaci)

Podle stupně automatizace se používají stroje *ručně ovládané* (řízení se provádí tlačítky, pákami, ovládacími kolečky); *poloautomatické* (veškeré činnosti obráběcího procesu probíhají automaticky, zásahy obsluhy jsou omezeny na upnutí polotovaru, odepnutí obrobené součásti a spuštění pracovního cyklu); *automatické* (mimo pracovní cyklus je rovněž automatizováno upnutí polotovaru a odebrání obrobené součásti).

Pro automatizaci obráběných procesů se aplikuje *tvrdá automatizace* (křivkové kotouče, křivkové bubny), nebo pružná automatizace (NC, CNC řízení) [2].

3.1.2 Pracovní přesnost obráběcích strojů

Z hlediska přesnosti obrobené plochy má v obráběcím procesu významné postavení obráběcí stroj. Přesnost obráběcího stroje se kvantifikuje ve formě ukazatelů vztažených k jeho geometrické a pracovní přesnosti. U číslicově řízených strojů k tomu ještě přistupuje přesnost polohování jeho pracovních orgánů.

Geometrická přesnost obráběcího stroje je charakterizována úchytkami tvaru a polohy jednotlivých funkčních prvků – lože, stojany, stoly, suporty, sáně, pinoly.

Patří sem úchytky rovnoběžnosti, úchytky kolmosti, úchytky rovinnosti, úchytky přímosti a úchytky kruhovitosti vodících, přestavitelných a odměřovacích prvků obráběcích prvků. Kvantifikace geometrické přesnosti se provede pro pracovní prostor obráběcího stroje s uvažováním všech lineárních a rotačních, případně jiných pohybů na základě geometrické identifikace funkčních částí obráběcího stroje.

Parametry pracovní přesnosti obráběcího stroje se kvantifikují na základě přesnosti obrobků, které byly na tomto stroji obrobené. Avšak přesnost obrobené plochy na určité součásti obecně závisí na systému technologických podmínek, vztažených k obráběcímu stroji, vlastnímu obrobku, nástroji, upínači, kvantifikaci obsluhy, pracovním prostředím atd.

Při kvantifikaci parametrů pracovní přesnosti obráběcího stroje je třeba výrazně omezit vliv těch technologických faktorů, které přímo na stroji nezávisí, případně takové faktory normativně vymezit.

Parametry pracovní přesnosti obráběcího stroje se kvantifikují na základě obrobků vhodných zkušebních obrobků. Na obrobených plochách zkušebních obrobků se v závislosti na záměrech zkoušky měří a vyhodnocují úchytky rozměrů, úchytky tvarů, úchytky polohy a drsnost povrchu.

Uvedené parametry obrobených ploch zkušebního obrobku se vyšetří obvykle na základě obrobků jednoho kusu a porovnají se s příslušnými mezními hodnotami stanovenými pro řešený případ přejímacími nebo provozními podmínkami [2].

3.1.3 Rozdělení obráběcích strojů dle rozhodující operace

Podle operace, která při třískovém obrábění převažuje, lze obráběcí stroje rozdělit na:

- soustružnické stroje
- frézovací stroje
- vrtací a vyvrtávací stroje
- hoblovací, obrážecí a protahovací stroje
- brousící stroje
- stroje na dělení materiálu
- stroje na výrobu závitů a ozubení[4]

3.2 Soustruhy

Soustružnické stroje představují největší podíl strojírenské obráběcí techniky. V obráběcích provozech strojírenských podniků se vyskytují ve velkém počtu typů a vykazují různý stupeň automatizace.

Z konstrukčně technologického hlediska se rozlišují soustruhy *hrotové*, *revolverové*, *svislé* a *speciální*.

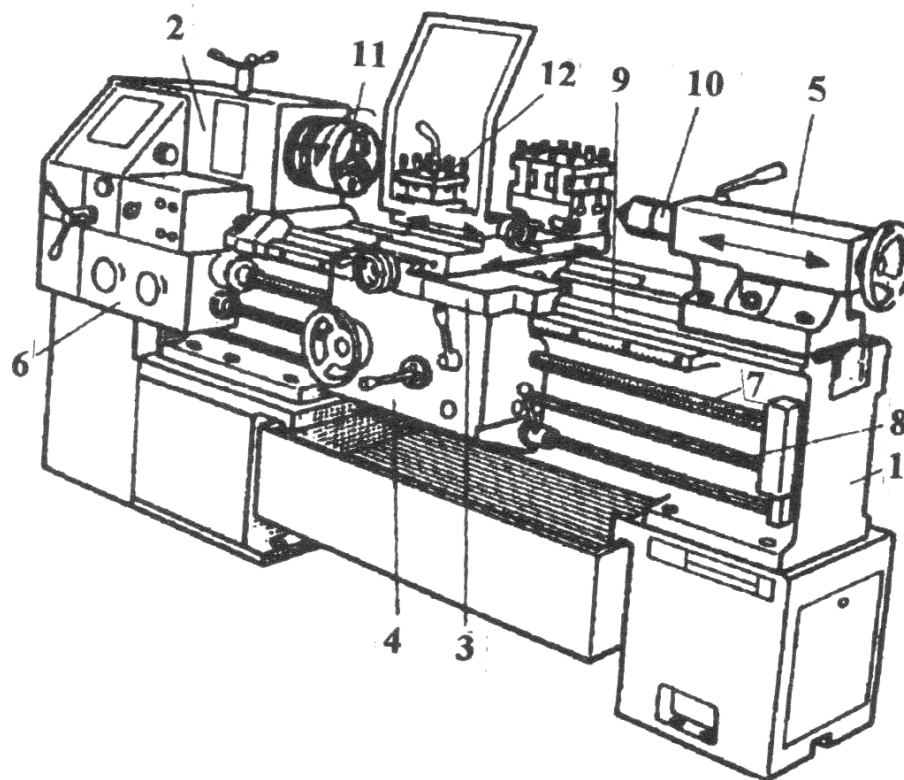
Podle stupně automatizace se používají soustruhy *ručně ovládané*, *poloautomatické* a *automatické*. U poloautomatických a automatických soustruhů se aplikuje tvrdá automatizace nebo pružná automatizace pracovního cyklu [2].

3.2.1 Hrotové soustruhy

Používají se v kusové a malosériové výrobě pro soustružení hřídelových a přírubových součástí rozličných rozměrů a tvarů bez náročného seřizování stroje. Vyrábějí se jako soustruhy *hrotové univerzální* a *jednoduché*, označované jako *produkční*.

Pokud se týká technologických možností, na hrotových soustruzích lze obrábět vnější a vnitřní rotační plochy, rovinné plochy čelní, řezat závit, soustružit kuželové plochy, popřípadě plochy tvarové.

Univerzální hrotové soustruhy mají vodící šroub, který umožňuje řezat závit nožem a mají velký rozsah otáček i posuvů [2].



1-lože, 2-vřeteník, 3-suport, 4-suportová skříň, 5-koník, 6-posuvová převodovka, 7-vodící šroub, 8-vodící tyč, 9-vodící plochy, 10- hrotová objímka, 11-sklíčidlo, 12- otočná nožová hlava

Obr.1 Univerzální hrotový soustruh [2].

Jednoduché hrotové soustruhy (produkční) nemají vodící šroub. Bývají vybavovány proti univerzálním soustruhům elektromotorem většího výkonu. Používají se hlavně pro hrubovací práce, jejich rozsah otáček je menší než u soustruhů univerzálních.

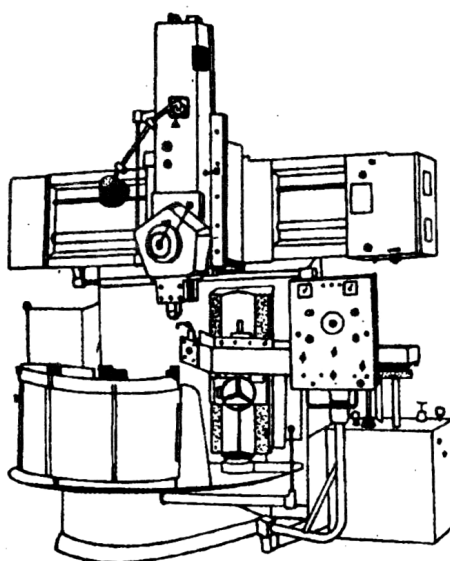
Velikost hrotových soustruhů se posuzuje především podle velikosti maximálního průměru obrobku, který na nich lze obrobit. Jako další parametr slouží největší délka soustružení, daná vzdáleností mezi hroty [2].

3.2.2 Svislé soustruhy

Používají se v kusové, malosériové a některé typy i v sériové výrobě středních a velkých rotačních součástí malého poměru délky k průměru. Hlavní částí těchto strojů jsou otočný stůl, stojany a příčníky se suporty. Otočný stůl je uložen u menších a středně velkých strojů na valivém vedení, u velkých stolů na vedení prizmatickém.

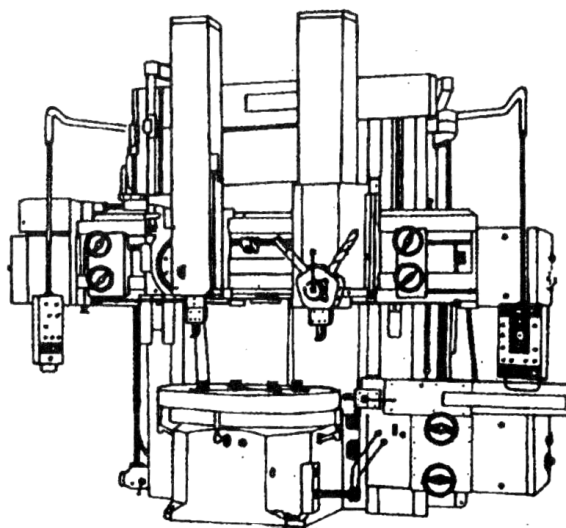
Svislé soustruhy se vyrábějí ve dvou variantách – malé – do průměru stolu 1200 mm jako *jednostojanové* a velké – do průměru stolu 18 000 mm jako *dvoustojanové*.

Jednostojanové soustruhy mají na příčníku pohybujeícím se po stojanu obvykle suport s pětibokou revolverovou hlavou, druhý suport je pak přímo na stojanu.



Obr. 2 Svislý jedno stojanový soustruh [2].

Dvoustojanové svislé soustruhy mají příčník pohybující se po dvou stojanech. Na příčníku jsou většinou dva suporty a další suport je na jednom nebo obou stojanech.



Obr. 3 Svislý dvoustojanové soustruh [2].

Na svislých soustruzích se obrábějí vnější a vnitřní válcové plochy, při natočených suportech kuželové plochy, řezou závity, popřípadě soustruží tvarové plochy, pokud je stroj vybaven kopírovacím zařízením. Jako zvláštní příslušenství pro broušení vnějších i vnitřních povrchů slouží naklápěcí brousící vřeteník. Rovněž bývají vybavovány indikací polohy a aplikuje se u nich číslicové řízení. U větších strojů se také používá plynulá změna otáček a posuvů.

3.2.3 Poloautomatické soustruhy

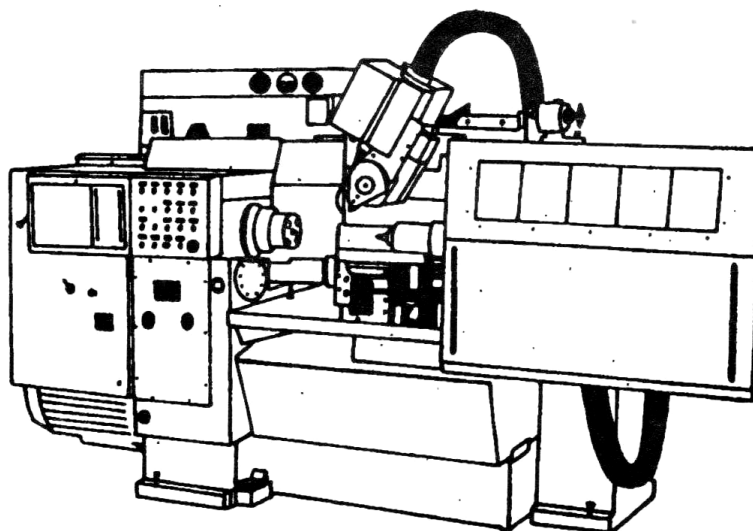
Poloautomatické soustruhy mají automatický pracovní cyklus nástrojů, avšak k opakování cyklu je nutný ruční zásah obsluhy stroje.

Uplatňují se hlavně ve středněsériové a velkosériové výrobě. Podle způsobu upínání obrobku se rozlišují:

- poloautomatické soustruhy hrotové (kopírovací, několikanožové)
- poloautomatické soustruhy sklíčidlové (revolverové, suportové)

Automatizace pracovního cyklu se dosahuje použitím křivkových kotoučů, kopírovacích systémů a zvláště pak aplikací CNC.

Do zvláštní skupiny lze zahrnout svislé poloautomatické soustruhy, které slouží k obrábění středně velkých a velkých přírubových součástí – mohou být vybaveny dvěma kopírovacími suporty a příčným suportem.



Obr. 4 Kopírovací poloautomatický soustruh [2].

3.2.4 Automatické soustruhy

Tyto stroje slouží k obrábění složitých rotačních součástí, nejčastěji z tyčového materiálu. Pracovní cyklus i případná výměna obrobků probíhá automaticky. Po obrábění přírubových součástí jsou tyto stroje vybaveny zařízením pro automatické vkládání obrobků do upínacího prvku a automatické odebírání po obrobení.

Automatické soustruhy jsou vybaveny rozsáhlým příslušenstvím umožňujícím dokončit obráběnou součást včetně nesoustružených operací (frézování drážek, vrtání děr kolmých k ose apod.)

Automatické soustruhy se třídí z hlediska:

- aplikovaného řízení (křivkové, bezkřivkové, CNC)
- konstrukčního uspořádání (revolverové, zapichovací – podélné a tvarové)
- počtu vřeten (jednovřetenové, několikavřetenové) [2].

3.3 Frézovací stroje

Frézky jsou vyráběny a dodávány ve velkém počtu modelů a velikostí, často pak s rozsáhlým zvláštním příslušenstvím. Zpravidla se člení do čtyř základních skupin – *konzolové*, *stolové*, *rovinné* a *speciální*. Z hlediska řízení pracovního cyklu se rozliší frézky ovládané ručně a řízené programově (tvrdá automatizace, pružná automatizace).

Velikost frézky určuje šířka upínací plochy stolu a velikost kužele ve vřetenu pro upnutí nástroje. Dalšími důležitými technickými parametry jsou maximální délky pohybu pracovního stolu nebo vřeteníku, rozsah otáček vřetena a posuvů, výkon elektromotoru pro otáčení vřetena a kvalitativní parametry dosahované u obrobených ploch.

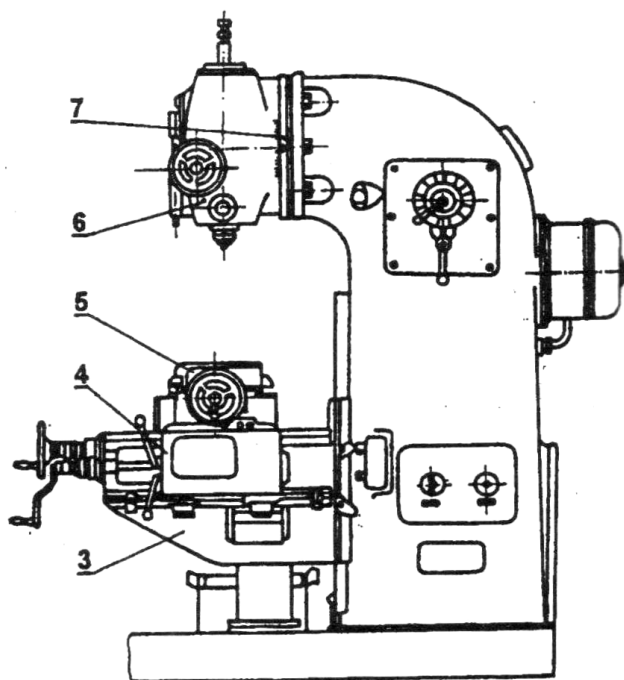
3.3.1 Konzolové frézky

Charakteristickou částí těchto strojů je výškově přestavitelná konzola po vedení stojanu. Po konzole se pohybuje příčný stůl s podélným pracovním stolem. Tato kombinace pohybů umožňuje přestavování obrobku upnutého na pracovním stole ve třech pravoúhlých souřadnicích vzhledem k nástroji.

Konzolové frézky jsou vhodné pro frézování rovinných a tvarových ploch u menších a středně velkých obrobků v kusové a malosériové výrobě. Vyrábějí se ve třech základních variantách, a to jako konzolové frézky svislé, vodorovné a univerzální frézky.

▪ Konzolové frézky svislé

Mají osu pracovního vřetena kolmou k upínací ploše stolu. Pracovní vřeteno je uloženo buď ve svislé hlavě připevněné na stojanu frézky, nebo přímo ve stojanu. Svislá hlava se dá natáčet 0 plus-mínus 45°. Vřeteno bývá svisle přestavitelné. Na svislých konzolových frézkách se frézují zejména rovinné plochy rovnoběžné apod. Používají se k tomu čelní frézy upnuté na krátkém trnu nebo frézy s kuželovou stopkou, upínané přímo do kužele vřetena nebo s válcovou stopkou, upnuté do sklíčidla. Na větších svislých konzolových frézkách se používají také frézovací hlavy.

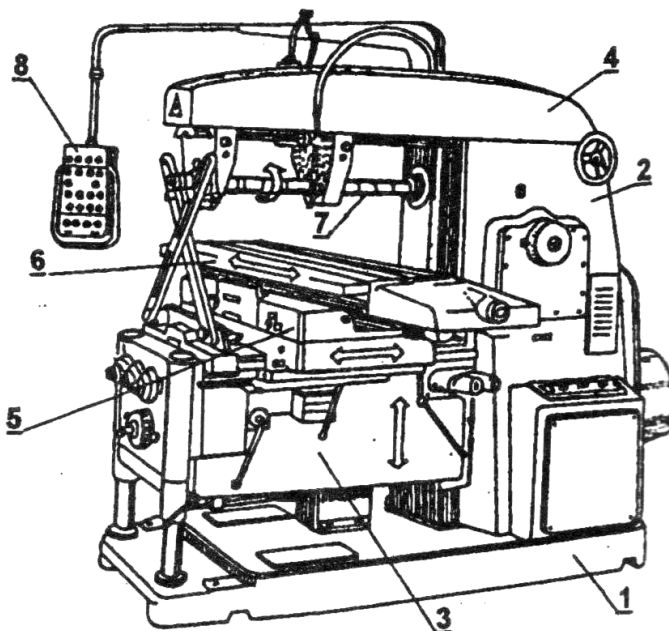


1-základna, 2-stojan, 3-konzola, 4-příčné sáně, 5-podélný pracovní stůl, 6-naklápečí vřeteník, 7-kruhová základna vřeteníku

Obr. 5 Konzolová frézka svislá [2].

▪ Konzolové frézky vodorovné

Mají osu pracovního vřetena vodorovnou, rovnoběžnou s plochou podélného stolu a kolmou na směr pohybu podélného stolu a kolmou na směr pohybu podélného stolu. Frézují se na nich převážně plochy rovnoběžné s upínací plochou stolu, drážky s tvarové plochy. Pracuje se na nich nejčastěji válcovými a kotoučovými frézami a frézami tvarovými. Frézovací trn může být podepřen v jednom nebo ve dvou opěrných ložiskách. Omezeně se používají frézy s kuželovou stopkou a frézovací hlavy upnuté do kužele pracovního vřetena.



1-základna, 2-stojan, 3-konzola, 4-rameno, 5příčné sáně, 6-podélný pracovní stůl, 7-vřeteno, 8-ovládací panel

Obr. 6 Konzolová frézka vodorovná [2].

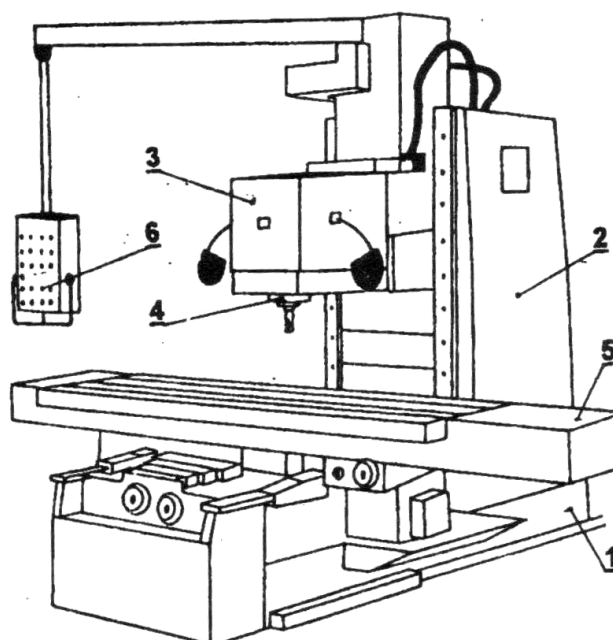
▪ Konzolové frézky univerzální

Liší se od konstrukce vodorovných frézek tím, že jejich podélný stůl je otočný 0 plus-mínus 45° na obě strany ve vodorovné rovině kolem svislé osy kolmé k upínací ploše stolu.

3.3.2 Stolové frézky

Stolové frézky nemají konzolu a mají obvykle podélný a příčný stůl. Pohyb se svislým směru pro nastavení nástroje vzhledem k obrobku je zajištěn přemísťováním frézovacího vřeteníku po vedení stroje.

Na stolových frézkách lze kvalitně a produktivně obrábět rozměrnější a těžší součástky. Vyrábějí se jak ve směru svislém, tak i vodorovném.

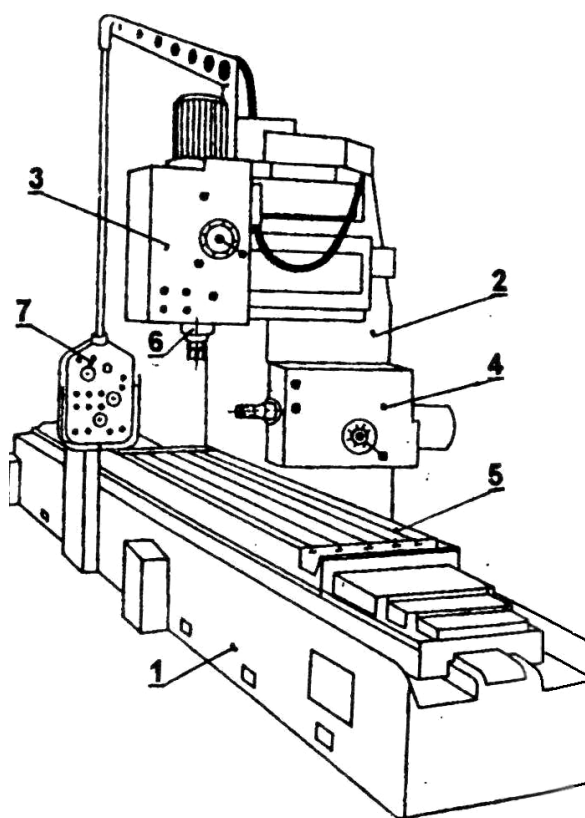


1-základní deska, 2-stojan, 3-vřeteník, 4-vřeteno, 5-pracovní stůl, 6-ovládací panel

Obr. 7 Svislá stolová frézka [2].

3.3.3 Rovinné frézky

Patří mezi nejvýkonnější druh frézek. Jsou robustní konstrukce a umožňují obrábět těžké obrobky. Jsou vhodné v kusových a malosériových výrobách, uplatňují se však dobře i v sériové výrobě. Pracuje se na nich nejčastěji frézovacími hlavami při obrábění vodorovných, svislých a šikmých ploch a stopkovými frézami při frézování úzkých ploch a drážek. U rovinných frézek má pracovní stůl jeden stupeň volnosti, pohybuje se pouze v jednom vodorovném směru.



1-lože, 2-stojan, 3-svislý vřeteník, 4-vodorovný vřeteník, 5-pracovní stůl, 6-vřeteno, 7-ovládací panel

Obr. 8 Rovinná frézka [2].

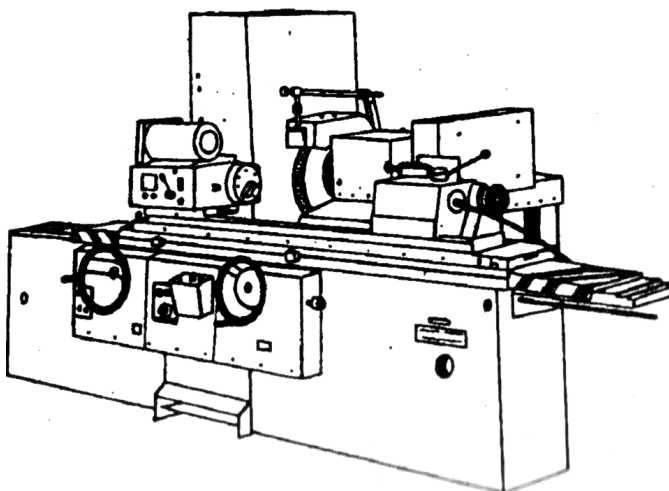
3.4 Brousící stroje

Brousící stroje jsou vyráběny a dodávány v širokém sortimentu druhů a použití. Dále jsou uvedeny konstrukčně technologické charakteristiky vybraných druhů brusek.

3.4.1 Hrotové brusky

Hrotové brusky se využívají k broušení rotačních ploch na obrobcích upnutých mezi hroty. Nejrozšířenějším provedením jsou univerzální hrotové brusky, používané pro broušení válcových, kuželových a čelních ploch a případně pro broušení děr.

Na zadní části stojanu je otočně uložen brousící vřeteník, což umožňuje broušení strmých kuželů. Proti vřeteníku je na stojanu umístěno lože, po jehož vedení se v podélném směru pohybuje stůl s pracovním vřeteníkem a koníkem. Horní část stolu je možno natáčet, což se využívá při broušení táhlých kuželů. Pomocí speciálního vřetena je možno brousit také díry v obrobcích upnutých ve sklíčidle.

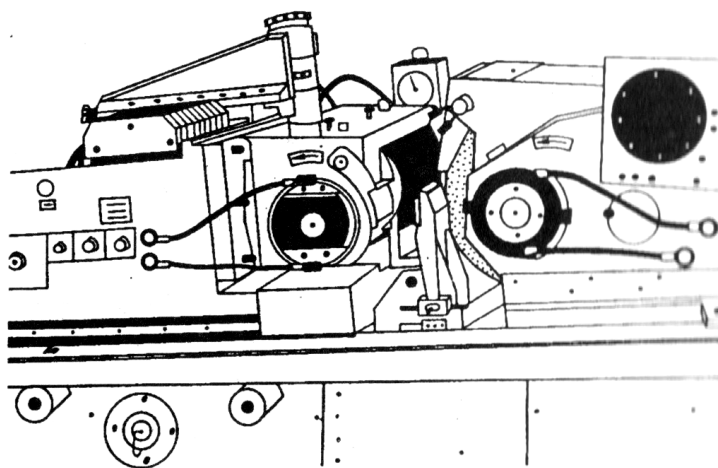


Obr. 9 Univerzální hrotová bruska [2].

3.4.2 Bezhruté brusky

U bezhrotých brusek odpadá upínání obrobku. Jsou konstruovány nejčastěji pro vnější broušení, ale také v menším rozsahu pro vnitřní broušení rotačních ploch.

Bezhraté brusky pro broušení vnějších ploch umožňují zápichové a průběžné broušení. Mají dva vřeteníky – brousící vřeteník, na jehož vřetenu je brousící kotouč a vřeteník podávacího kotouče. Každý vřeteník má svůj vlastní náhon, brousící vřeteno má konstantní otáčky, vřeteno podávacího kotouče má otáčky měnitelné. Podávací vřeteník lze přestavovat po vedení lože a nastavit tak požadovaný průměr broušení. Natáčením podávacího vřeteníku se nastavuje mimo běžnost os obou kotoučů pro vyvození axiálního pohybu obrobku při průběžné broušení. Bezhraté brusky se využívají obvykle v sériové výrobě, kde mohou pracovat v automatickém pracovním cyklu.



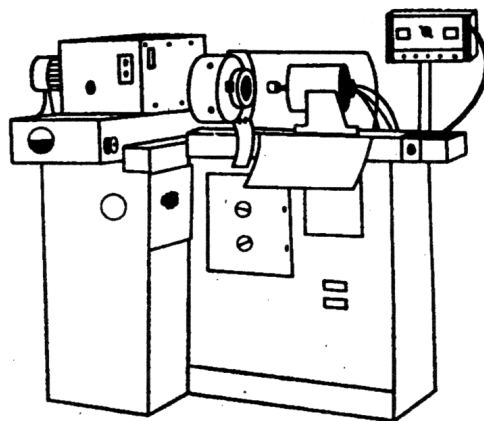
Obr. 10 Bezhratá bruska pro vnější broušení [2].

3.4.3 Bruska na díry

Brusky na díry jsou vyráběny a dodávány jako sklíčidlové, planetové a bezhraté. Významným představitelem těchto strojů je sklíčidlová bruska na díry.

Obrobek se upíná do sklíčidla pracovního vřeteníku uloženého na příčných saních, které umožňují nastavení obrobku proti brousícímu kotouči na požadovaný průměr. Brousící vřeteno má vlastní elektromotor a vykonává axiální posuvný pohyb. U větších brusek je pracovní vřeteník umístěn na podélném stole, který umožňuje axiální posuv obrobku vzhledem k brousícímu kotouči. Brousící vřeteník je v tomto případě uložen na příčných saních a vykonává pohyb v radiálním směru.

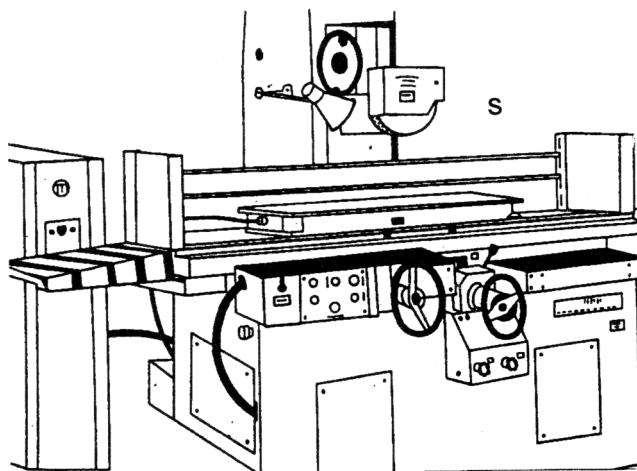
Zvláštní variantu konstrukce s vysokou automatizací pracovního cyklu představují brusky na díry kroužků valivých ložisek.



Obr. 11 Sklíčidlová bruska na díry [2].

3.4.4 Vodorovné rovinné brusky

Jsou určeny pro broušení rovinných ploch a jsou charakterizovány vodorovnou osou brousícího vřetena. Obrobky se nejčastěji upínají na elektromagnetickou desku umístěnou na pracovním stole. Pracovní stůl vykonává přímočarý vratný nebo otáčivý pohyb. Nejrozšířenějším představitelem rovinných brusek jsou brusky s přímočarým vratným pohybem.

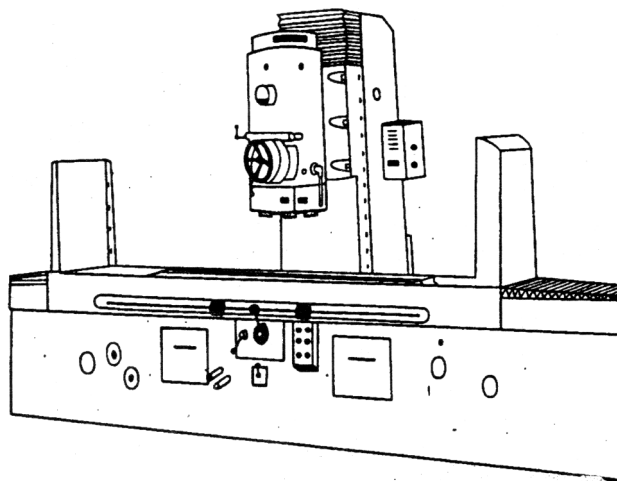


Obr. 12 Vodorovná rovinná bruska s přímočarým vratným pohybem stolu [2].

Používají se v kusové a malosériové výrobě s vyššími požadavky na přesnost broušených ploch. Brousící vřeteník je svisle přestavitelný. Na stojanu stroje je vedení pro příčné saně, na nichž se v podélném směru pohybuje stůl. Rychlost stolu je možné plynule měnit. Velikost stroje je charakterizována šířkou pracovního stolu.

3.4.5 Svislé rovinné brusky

Tyto brusky jsou charakterizovány svislou osou brousícího vřetení s vysokými výkony broušení, avšak horšími parametry přesnosti broušené plochy. Typickým představitelem těchto strojů je svislá rovinná bruska s přímočarým vratným pohybem stolu.



Obr. 13 Svislá rovinná bruska s přímočarým pohybem stolu [2].

Brousící vřeteník je posuvný na stojanu. Pracovní stůl uskutečňuje pouze přímočarý vratný pohyb, takže průměr brousícího kotouče musí být větší, než je šířka broušené plochy. Brousící kotouč je zpravidla segmentový. Jakost obroušené plochy je horší než při broušení na vodorovných rovinných bruskách. Obrobky se obvykle upínají na magnetickou desku, umístěnou na pracovním stole.

3.5 Nástrojové materiály

Současný poměrně široký sortiment materiálů pro řezné nástroje, od nástrojových ocelí až po syntetický diamant, je důsledkem celosvětového dlouholetého a intenzivního vývoje v dané oblasti a má úzkou souvislost s rozvojem konstrukčních materiálů určených pro obrábění, i s vývojem nových obráběcích strojů, zejména s číslicovým řízením. Hlavním problémem dnešní doby tedy není hledání absolutně nových, dosud nepoužívaných řezných materiálů, ale spíše optimální využití již známých materiálů, s velmi přesným vymezením oblasti jejich aplikace.

Průběh a výstupy řezného procesu významně závisí na vlastnostech řezné části nástroje, která je zhotovena z příslušného nástrojového materiálu. [2].

3.5.1 Nástrojové oceli

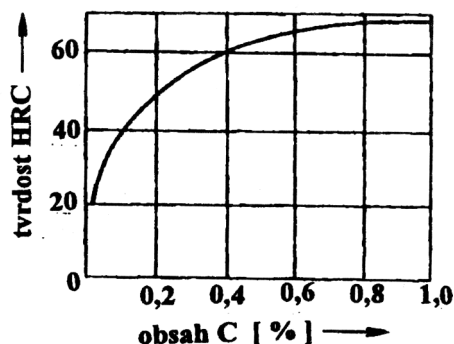
Nástrojové oceli – NO – jsou zařazeny ve třídě 19 a jejich rozdělení je uvedeno v tab. 1.

Základní číselná značka	Význam třetí číslice v základní značce oceli	
19 0xx 19 1xx 19 2xx	Dvojčíslí ze 3. a 4. číslice vyjadřuje střední obsah uhlíku	Nástrojové oceli nelegované
19 3xx	Oceli manganové, křemíkové, vanadové	Nástrojové oceli legované
19 4xx	Oceli chromové	
19 5xx	Oceli chrommolybdenové	
19 6xx	Oceli niklové	
19 7xx	Oceli wolframové	
19 8xx	Oceli rychlořezné	
19 9xx	Volné	

Tab. 1 Rozdělení a označování nástrojových ocelí [2].

3.5.1.1 Nástrojové oceli nelegované

Na vlastnosti těchto ocelí má největší vliv obsah uhlíku. Tvrdost oceli v zakaleném stavu vzrůstá se stoupajícím obsahem uhlíku.



Obr. 14 Závislost tvrdosti zakalené nelegované nástrojové oceli na obsahu uhlíku.[2].

Nástroje z nástrojových nelegovaných ocelí snáší teplotu břitu do 220°C a je možné je využívat pro řezné rychlosti do $15\text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$. V současné době ztrácejí na významu a jsou často nahrazovány legovanými nástrojovými oceli.

3.5.1.2 Nástrojové oceli legované

Hlavním legujícími prvky těchto ocelí jsou *karbidotvorné prvky* Cr, V, W, Mo, které vytváří tvrdé a až do vysokých teplot stálé karbidy. Další legující prvky Ni, Si, Co, nejsou karbidotvorné.

Z legovaných nástrojových ocelí se vyrábějí téměř všechny druhy řezacích, stříhacích, tvářecích a jiných nástrojů. Oproti nelegovaným ocelím jsou legované oceli charakteristické zejména větší prokalitelností a zvýšenou odolností proti popouštění, avšak jsou náročnější na tepelné zpracování.

Nástroje z legovaných nástrojových ocelí snáší teplotu břitu 250°C až 350°C a řeznou rychlost 15 až $25\text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$. [2].

3.5.1.3 Rychlořezné oceli

Rychlořezné oceli – RO – jsou uváděny jako samostatná skupina legovaných nástrojových ocelí a to pro své zcela specifické vlastnosti a využitelnost, zejména pro vysocevýkonné řezné nástroje. Obsahují karbidotvorné prvky W, Cr, V, Mo a nekarbidotvorný Co. Uhlíku obsahují zpravidla méně než 1%. Podle obsahu legujících prvků a vlastností jsou vhodné pro řezné nástroje na obrábění ocelí, ocelí na odlitky o vysoké pevnosti a tvrdosti a těžkoobrobitelných materiálů.

Rychlořezné oceli jsou charakteristické střední odolností proti opotřebení a vysokou lomovou pevností, které jim dávají široké pole uplatnění. Nejčastěji jsou rychlořezné oceli používány pro tvarové nástroje, výstružníky, závitníky, frézy menších rozměrů, protahovací trny a nástroje vystavené rázům při přerušovaném řezu.

Důležitým předpokladem optimálního využití nástrojů z rychlořezných ocelí je použití vhodného řezného prostředí, tj. řezných emulzí a olejů. Rychlořezná ocel je houževnatá a v žíhaném stavu se dá relativně dobře obrábět. [2].

3.5.1.4 Rychlořezné oceli vyrobené práškovou metalurgií

V poslední době se často používají RO vyrobené práškovou metalurgií. Výrobky tohoto druhu mají oproti běžným RO řadu výhod. Rychlé tuhnutí atomizovaného prášku používaného při výrobě RO omezuje segregaci, vyvolává velmi jemnou strukturu a rovnoměrné rozložení karbidů i nekovových vměstků. Zlepšuje se houževnatost těchto ocelí, rozměrová stálost během tepelného zpracování i řezné vlastnosti. Touto metodou se dají vyrobit oceli s vyšším obsahem legur, než je tomu u běžného způsobu výroby tavením.

3.5.2 Slinuté karbidy

Slinuté karbidy – SK – jsou produktem práškové metalurgie a vyrábí se z různých karbidů a kovového pojiva. Mezi nejdůležitější patří *karbid wolframu WC*, *karbid titanu*

TiC, karbid tantalu TaC a karbid niobu NbC. Jako pojivo se ve většině případů používá kobalt Co.

SK jsou směsí dvou a více fází a není možné je dále tepelně zpracovat. Protože jsou velmi tvrdé, dají se tvarově a rozměrově upravovat pouze broušením, elektroerozivním obráběním a lapováním.

SK se vyrábějí ve tvaru destiček normalizovaných tvarů a rozměrů, které se pájí, ale nejčastěji mechanicky upínají na řeznou část nástroje. Mechanicky upínané destičky mají několik ostří, která se využívají postupně. Po otupení všech ostří se destička vyřazuje. Některé nástroje (vrtáky, frézy malých rozměrů) se vyrábějí jako monolitické. V technologické praxi se aplikují SK ve standardním provedení (nepovlakované) s slinuté karbidy opatřené různými druhy povlaků.[3]

3.5.2.1 Nepovlakované slinuté karbidy

Slinuté karbidy se podle ČSN ISO 516 (22 0801) člení na svém složení a oblasti použití do tří skupin.

- *Slinuté karbidy typu P – WC, TiC, Co*

Jsou určeny pro obrábění železných kovů se vznikem dlouhé třísky – oceli, oceli na odlitky, temperované litiny. Nástroje se slinutými karbidy typu P se označují modrou barvou.

- *Slinuté karbidy typu M – WC, TiC, TaC, Co*

Používají se při obrábění železných kovů se vznikem dlouhé i krátké třísky a pro obrábění neželezných kovů – manganové oceli, austenitické oceli, oceli na odlitky. Nástroje jsou označovány žlutou barvou.

- *Slinuté karbidy typu K – WC, Co*

Jsou určeny pro obrábění železných kovů s krátkou třískou – sědé litiny, neželezných kovů, měď, bronz, hliník a nekovových materiálů. Nástroje se označují červenou barvou.[3]

3.5.2.2 Povlakované slinuté karbidy

Od řezných nástrojů ze slinutého karbidu se vyžaduje, aby vykazovaly co největší otěruvzdornost a současně i velkou houževnatost. Ideálním druhem by byla taková řezná destička, která by měla tvrdý otěruvzdorný povrch a houževnaté jádro. Tomuto požadavku vyhovují vyměnitelné destičky ze slinutého karbidu s tvrdými povlaky karbidu titanu TiC, nitridu titanu TiN nebo oxidu hlinitého Al_2O_3 . Povlaky mohou být jedno – nebo vícevrstvé, s jedním nebo více komponenty.

Jednovrstvé povlaky jsou nejčastěji tvořeny TiC nebo TiCN, případně TiN. Tloušťka jednovrstvých povlaků dosahuje až 13μm.

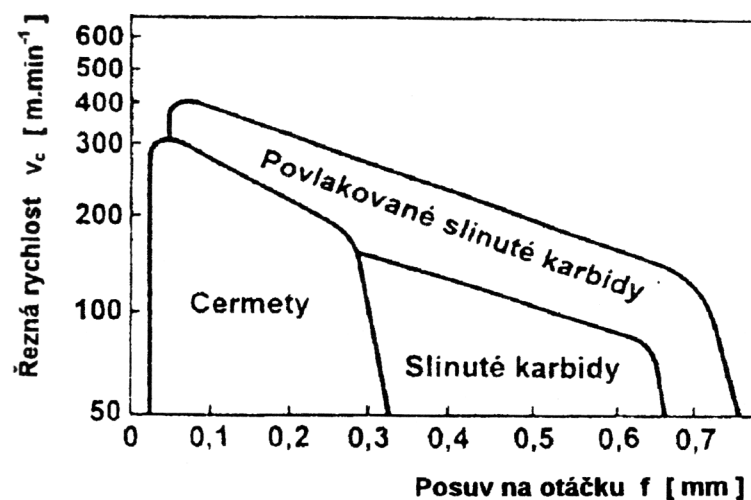
Vícevrstvé povlaky představují dvě, tři a více vrstev. Jako první jsou na základní slinutý karbid obvykle nanášeny vrstvy s dobrou přilnavostí k podkladu, které však mají relativně nižší odolnost proti opotřebení. Jako poslední jsou nanášeny vrstvy, které mají dobrou přilnavost k předchozí vrstvě a současně vysokou tvrdost a odolnost proti opotřebení.

Povlakované SK nachází široké uplatnění pro soustružení, vrtání a frézování převážně části strojírenských materiálů, včetně těžkoobrobitelných. Odhaduje se, že více než 75% soustružnických operací a asi 40% frézovacích operací je v současné době realizováno nástroji s povlakovanými SK.[3]

3.5.3 Cermety

Cermet je řezný materiál obsahující tvrdé částice (TiC, TiN, TiCN, Tan) v kovovém pojivu (Ni, Mo, Co), který je vyráběn práškovou metalurgií. Název je tvořen počátečními písmeny slovního spojení CERamic/METal a vyjadřuje označení keramických částic v kovovém pojivu.

Větší obsah TiC způsobuje vysokou tvrdost a tím i větší odolnost proti deformaci. Tyto materiály však nejsou tak houževnaté jako slinuté karbidy a proto se používají především pro dokončovací operace do řezné rychlosti cca 360 m.min⁻¹. V praxi jsou mezi cermety počítány materiály na bázi karbidu titanu, nitridu titanu a karbonitridu



Obr. 15 Oblasti základních řezných podmínek při soustružení běžných ocelí – SK, povlakované SK a cermety [2]

Tvrdost cermetů je přibližně srovnatelná se slinutými karbidy, houževnatost je nižší. Pevnost slinutých karbidů je o 15-25% vyšší než u cermetů. Odolnost proti teplotním šokům je u cermetů nižší, a proto je omezeno jejich použití při přívodu řezné kapaliny.

Nástroje osazené cermety jsou vhodného obrábění ocelí, litiny, lité oceli, neželezných kovů a snadno obrobitelných slitin. Mohou pracovat při vyšších řezných rychlostech než slinuté karbidy nebo povlakované slinuté karbidy. Používají se ve formě vyměnitelných destiček pro soustružení, řezání závitů a frézování.

3.5.4 Řezná keramika

Keramické řezné materiály jsou tvrdé, mají vysokou tvrdost za tepla a nereagují chemicky s materiálem obrobku. Zaručují vysokou trvanlivost břitů, snášejí vysokou teplotu na břitu (až 1200°C) a mohou být použity při řezných rychlostech 300 až 1600 m.min⁻¹.

Řezná keramika jako nástrojový materiál je velmi křehká a má nízkou tepelnou vodivost.

Podle ČSN ISO 513 (22 0801) se pro rozdělení keramických řezných materiálů používají symboly.

CA – lidická keramika na bázi Al_2O_3

CM – směsná keramika na bázi Al_2O_3 s přísadou neoxidických komponent

CN – neoxidická keramika na bázi nitridu křemíku Si_3N_4

CC – povlakovaná keramika CA, CM, CN

Řezná keramika se vyrábí ve tvaru destiček, které jsou mechanicky upínané na řeznou část nástroje. Tyto destičky jsou vyměnitelné a po opotřebení se vyřazují. [3]

3.5.4.1 Řezná keramika na bázi oxidu hlinitého

Řeznou keramiku na bázi Al_2O_3 je možné rozdělit na *čistou, polonistou a směsnou*.

Čistá keramika obsahuje až 99,9% kysličníku hlinitého Al_2O_3 . Je doporučována většinou pro dokončovací soustružení šedé litiny, uhlíkové a nízkolegovaných ocelí při použití řezné rychlosti přesahující $100 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$. Barva čisté keramiky lisované za studena je bílá, u karetky lisované za tepla je šedá.

Polosměsná keramika vzniká přidáním různých přísad do čisté keramiky, nejčastěji kysličník zirkonu ZrO_2 – až do 20%. Polosměsná keramika obsahuje navíc další přísady v kombinaci $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2$, $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{CoO}$. Vyměnitelné břitové destičky vyráběné za tepla mají černou barvu.

Směsná keramika obsahuje vedle korundu Al_2O_3 přísadu 20-40% karbidu titanu TiC . Tento materiál má v porovnání s čistou keramikou větší odolnost proti teplotním a mechanickým rázům. Je doporučována pro frézování šedé litiny a ocelí, pro soustružení načisto a jemné soustružení ocelí cementačních, zušlechtěných s tvrdé litiny. Při výrobě vyměnitelných destiček za tepla mají tyto červenou barvu.[3]

3.5.4.2 Řezná keramika na bázi nitridu křemíku

Keramika na bázi nitridu křemíku má relativně vysokou odolnost proti mechanickému porušení břitů a doporučuje se pro dokončování i hrubování šedé litiny, litiny s hrubou licí kůrou. Je vhodná i pro přerušované řezy, odolná proti teplotním rázům, vhodná pro soustružení žárovevých slitin na bázi niklu a též pro kolísající hloubku řezu. Keramika na bázi Si_3N_4 si zachovává vysoký stupeň tvrdosti za tepla při teplotách, které slinutý karbid již nesnáší.

Tento řezný materiál je doporučován pro obrábění šedé litiny za sucha i při chlazení, řeznými rychlostmi až $400 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$. [3]

3.5.5 Supertvrdé řezné materiály

Do skupiny perspektivních řezných materiálů, které jsou v současné době ve světě realizovány, patří mimo řeznou keramiku další dva druhy syntetických řezných materiálů:

- Polykrystalický kubický nitrid bóru (PKNB)
- Polykrystalický diamant (PD)

O tom, v jakém rozsahu bude možno použít těchto vývojových řezných materiálů při jejich řezných vlastnostech ve spojení s nástroji pro NC stroje, ukáže nejbližší budoucnost. Jejich hlavní nevýhodou je v současné době vysoká pořizovací cena. Polykrystalický diamant a kubický nitrid bóru představují nejtvrďší řezné materiály. Proto se materiály, které tyto komponenty obsahují, označují jako supertvrdé řezné materiály.

Uvedené supertvrdé materiály jsou v technologické praxi aplikovány jako diamantové prášky, prášky kubického nitridu bóru, brousící kotouče obsahující tyto komponenty, diamantové brousící pasty, řezné nástroje osazené segmenty PKNB nebo PD, orovnávače s práškovými komponenty kubického nitridu bóru nebo diamantu, kompozitní materiály. [2]

3.5.5.1 Polykrystalický kubický nitrid bóru

Je to zvláště tvrdý řezný materiál, jehož tvrdost se blíží tvrdosti diamantu. Vyrábí se při vysokých teplotách a tlacích, při nichž se dosahuje spojení kubických krystalů bóru s keramickým nebo kovovým pojivem. Neuspořádané částice tvoří velmi hustou polykrystalickou strukturou. Krystal kubického nitridu bóru je velmi podobný krystalu syntetického diamantu.

PKNB vykazuje vysokou tvrdost za tepla i při vysokých teplotách (2000°C), velkou odolnost proti abrazivnímu opotřebení a při obrábění má dobrou chemickou stabilitu. Segmenty z PKNB tvoří řeznou část břitové vyměnitelné destičky ze slinutého karbidu. Jsou však také dodávány monolitické vyměnitelné destičky z PKNB.

Nasazení řezných destiček z polokrystalického kubického nitridu bóru se předpokládá při soustružení tvrdých a žáruvzdorných materiálů, dále kalené oceli, nežíhané tvrdé litiny, nástrojů z kalených nástrojových ocelí, kobaltových a niklových slitin atp. Výhodné bude i jejich nasazení jako náhrady za broušení při dokončovacím obrábění, zejména z hlediska integrity takto obrobeného povrchu. [2]

3.5.5.2 Polykrystalický diamant

Nejtvrdším známým materiálem je přírodní monokrystalický diamant, jehož tvrdosti syntetický polykrystalický diamant PD téměř dosahuje. Jemné krystaly diamantu jsou spojovány slinováním za vysokých teplot a tlaků. Poloha krystalů je nahodilá a v žádném směru nevytváří místa, která by mohla být zdrojem lomu. Malé břity z PD jsou pevně zakotveny na vyměnitelné břitové destičce ze slinutého karbidu, která jim zaručuje odolnost proti tepelným a rázovým šokům. Trvanlivost břitu je mnohonásobně vyšší než u slinutých karbidů.

PD je doporučen pro obrábění všech neželezných kovů a nekovových materiálů jako např. sklolaminátů, výlisků plněných abrazivními plnidly, tvrdého kaučuku, grafitu, skla atd. Z kovových materiálů je vhodný zejména pro obrábění slitin hliníku, mědi a jejich slitin, obrábění titanu a jeho slitin. Je vhodný pro soustružení, frézování a vrtání [2].

4. Návrh moderní technologie

4.1 Stávající technologie výroby

Výroba je realizována na poměrně zastaralém strojním zařízení. Časy potřebné k obrobení součásti jsou uvedeny v příloženém technologickém postupu.

4.1.1 Obráběný materiál

Obráběný materiál je ocel 11 600. Charakteristika materiálu – použití na strojní součásti vystavené velkému tlaku, výkovky hřídelů, ozubená kola, čepy, písty, klíny, pastorky, šneky, vřetena lisů apod.

Mechanické vlastnosti: $R_m = 412-745 \text{ MPa}$, $R_{e \min} = 284-588 \text{ MPa}$.

4.1.2 Použité stroje a nástroje u jednotlivých operací

4.1.2.1 Soustružení

U původní technologie používala firma SMS a.s. nástroje, soustružnické nože, s pájenými destičkami ze slinutých karbidů.

STROJ

Stroj:	Soustruh hrotový	Oběžný průměr nad ložem:	500 mm
Typ:	SU 50	Vzdálenost hrotů:	2000 mm
Výrobce	TOS Kuřim	Oběžný průměr nad suportem:	250 mm



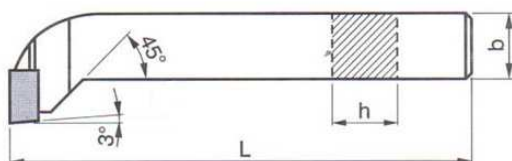
Obr. 16 Hrotový soustruh SU 50

Řezné podmínky:

- Hrubování: Řezná rychlost $v_c = 60 \text{ m.min}^{-1}$
Posuv na otáčku $f = 0,5 \text{ mm}$
Tloušťka odebírané vrstvy $a_p = 4 \text{ mm}$
- Dokončování: Řezná rychlost $v_c = 90 \text{ m.min}^{-1}$
Posuv na otáčku $f = 0,15 \text{ mm}$
Tloušťka odebírané vrstvy $a_p = 1 \text{ mm}$
- Zápichy: Otáčky $n = 800 \text{ ot. min}^{-1}$
- Závity: Řezná rychlost $= 40 \text{ m.min}^{-1}$

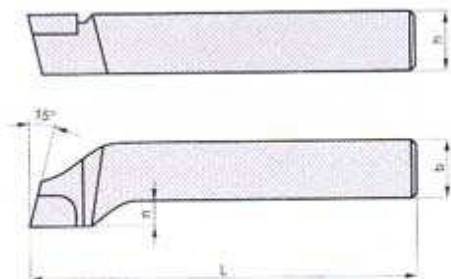
NÁSTROJE

- Nůž ubírací čelní ČSN 223714 20x20 S30



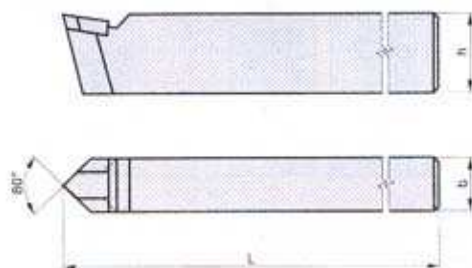
Typ SK destičky:	S30
h [mm]	20
b [mm]	20
L [mm]	125

- Nůž ubírací stranový ČSN 223716 20x20 S20



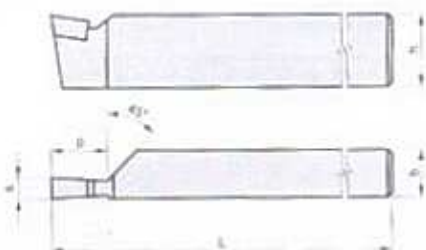
Typ SK destičky:	S20
h [mm]	20
b [mm]	20
L [mm]	125

- Nůž hladicí ČSN 223720 20x12 S20



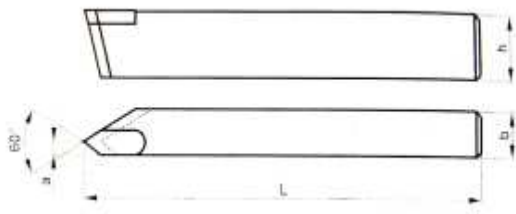
Typ SK destičky:	S20
h [mm]	20
b [mm]	12
L [mm]	125

- Nůž zapichovací ČSN 223730 20x12 S20



Typ SK destičky:	S20
h [mm]	20
b [mm]	12
L [mm]	125
s[mm]	3;4

- Nůž závitový vnější ČSN 223770 25x16 S20



Typ SK destičky:	S20
h [mm]	25
b [mm]	16
L [mm]	140

- Trapézový nůž – použitý upravený závitový nůž
- Vrták A3, 15 ČSN014915

4.1.2.2 Frézování

U původní technologie používala firma SMS a.s. nástroje, frézy z výkonné rychlořezné oceli.

STROJ

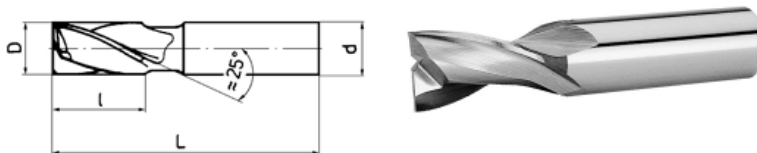
Stroj:	Frézka univerzální	Upínací šířka stolu:	500 mm
Typ:	FGS 50-63	Upínací délka stolu:	2000 mm
Výrobce	TOS Kuřim	Výkon motoru:	15KW
Rok výroby:	1991	Hmotnost:	6500kg



Obr. 17 Frézka FGS 50-63

NÁSTROJE

- Fréza na drážky



D [mm]	d [mm]	L [mm]	l [mm]
4	6	63	11

Řezné podmínky:

Řezná rychlost: $vc = 30 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

Posuv na zub: $fz = 0,2 \text{ mm}$

Počet zubů frézy: $z = 3$

- Fréza na drážky pr.21 speciál

4.1.2.3 Broušení

STROJ

Stroj:	Bruska hrotová	Oběžný průměr:	290 mm
Typ:	2UD P2 1000	Vzdálenost hrotů:	1000 mm
Výrobce	TOS		



Obr. 18 Bruska hrotová 2UD P2 1000

Broušeny budou jen drsnosti, které mají hodnotu $R_a = 0,8 \mu\text{m}$.

4.2 Návrh nové technologie

Výroba součástí je převedena ze starších konvenčních strojů na modernější a výkonnější strojní zařízení s použitím výkonnějších a odolnějších nástrojů.

Jako stěžejní stroj pro převážnou část obráběcích operací byl vybrán univerzální CNC soustruh GILDEMEISTER CTX 620 linear, který zajistí rychlejší a kvalitnější výrobu ve spojení s nově navrženými nástroji. Předností CNC soustruhu je sjednocení operací soustružení a frézování na jeden stroj. Pro operaci broušení je stávající technologie dostačující, takže bude zachována.

Materiál řezných nástrojů pro soustružení a frézování bude jako ve stávající technologii slinutý karbid. S tím rozdílem, že u soustružení v původní technologii byla destička nepovlakovaná, na držák připájená a v nově navržené technologii bude destička povlakovaná, na držák mechanicky upnutá.

Náklady na výrobu se zmenší díky nově zvoleným parametrům obrábění a v neposlední řadě také tím, že operace soustružení a frézování zajistí jeden stroj.

4.2.1 Soustružení + frézování

STROJ

Jako nejvhodnější obráběcí stroj, který má firma SMS a.s. k dispozici byl vybrán univerzální CNC soustruh GILDEMEISTER CTX 620 linear, s řídícím systémem Heidenhain iT Plus.



Obr. 19 GILDEMEISTER CTX 620 linear

Technické parametry GILDEMEISTER CTX 620 linear

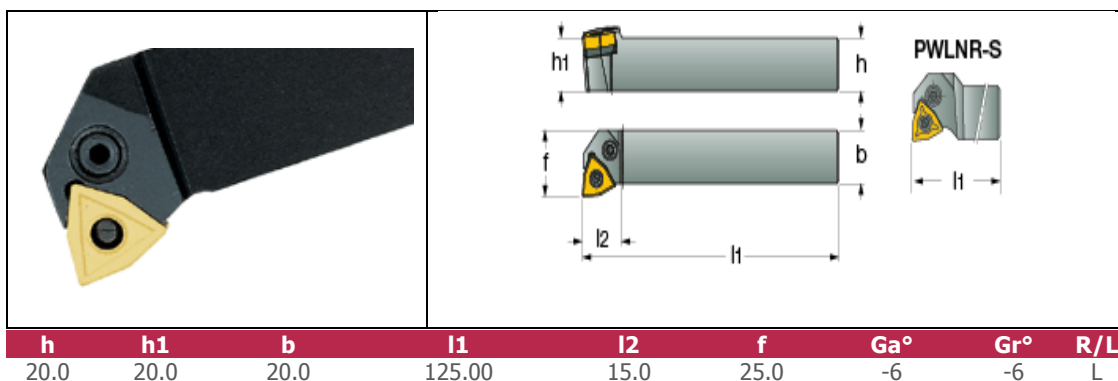
Pracovní rozsah		Koník	
max. oběžný průměr přes lože	800 mm	zdvih koníku	1100 mm
oběžný průměr přes X-vedení	500 mm	zdvih pinoly	150 mm
max. soustružený průměr	600 mm	průměr pinoly	120 mm
max. soustružená délka	1100 mm	Nástrojový revolver	
průměr sklíčidla	500 mm	počet míst	12
příčný zdvih	383,5mm	Válcová stopka - průměr	50 mm
Podélný zdvih	1100 mm	počet poháněných míst	12
Vřeteník		výkon pohonu	15,7 kW
hlava vřetene	300h5mm	max. otáčky	3500 ot/min
průměr vřetene v před. ložisku	180 mm	C - osa	
vrtání vřetene	136 mm	Rozsah otáček	0-100 min ⁻¹
Hlavní pohon		Přesnost polohování	0,001°
výkon hlavního pohonu	33kW	Posuvy	
rozsah otáček	20-2500	rychloposuv X/Z osy	60/45m/min

NÁSTROJE

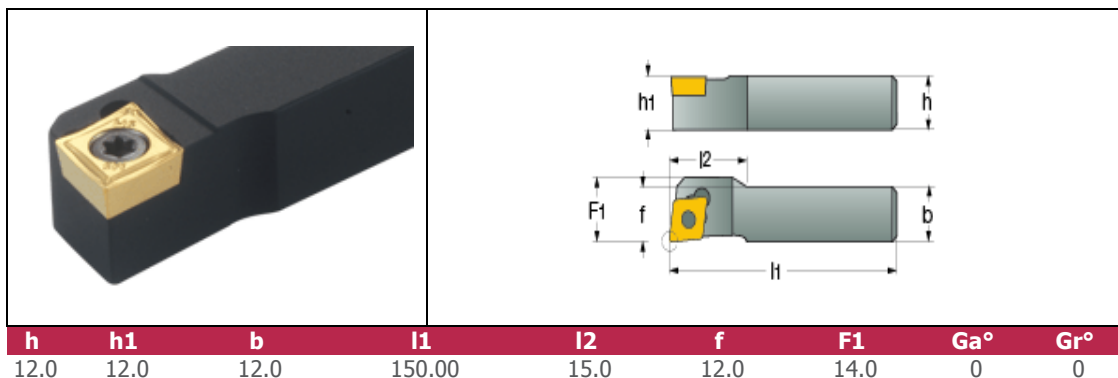
Nástroje pro soustružení a frézování byly vybrány z firmy ISCAR Tools.

Řezné podmínky:

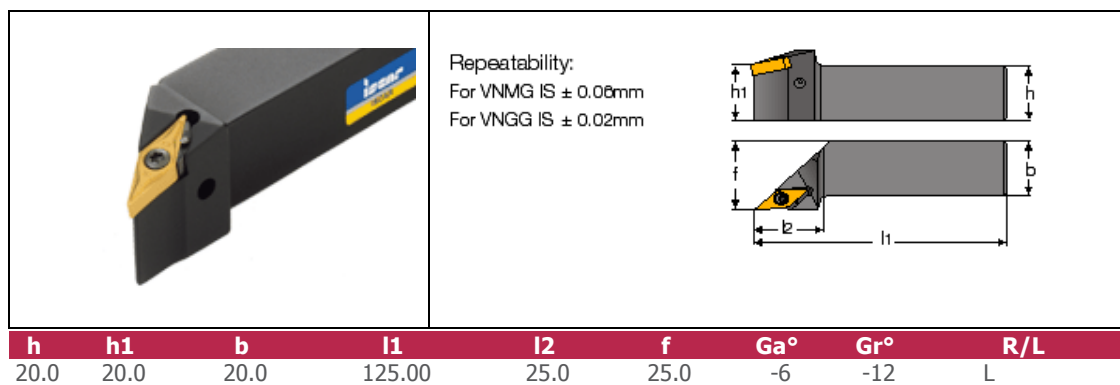
- Hrubování: Řezná rychlost $v_c = 130 \text{ m.min}^{-1}$
Posuv na otáčku $f = 0,4 \text{ mm}$
Tloušťka odebírané vrstvy $a_p = 4 \text{ mm}$
- Dokončování: Řezná rychlost $v_c = 180 \text{ m.min}^{-1}$
Posuv na otáčku $f = 0,1 \text{ mm}$
Tloušťka odebírané vrstvy $a_p = 1 \text{ mm}$
- Zápichy: Otáčky $n = 800 \text{ ot. min}^{-1}$
- Závity: Řezná rychlost $v_c = 115 \text{ m.min}$
- Nůž ubírací čelní **PWLNL 2020K-06**



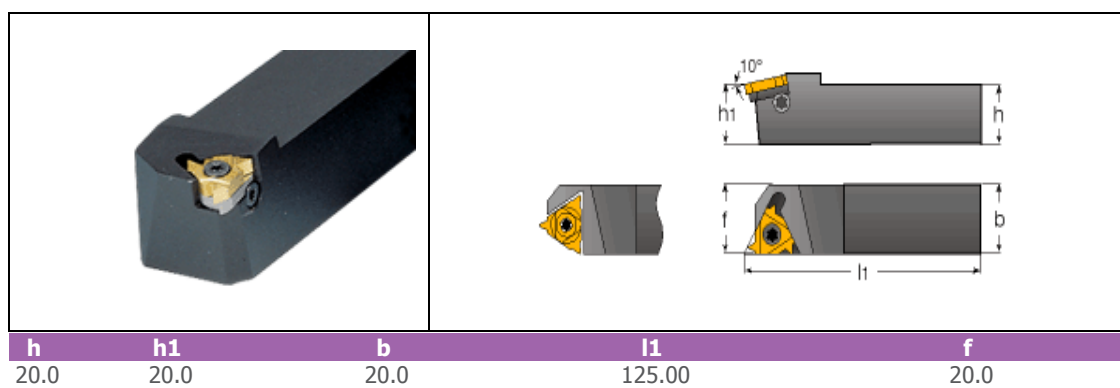
- Nůž ubírací stranový **SCACR 1212M-09**



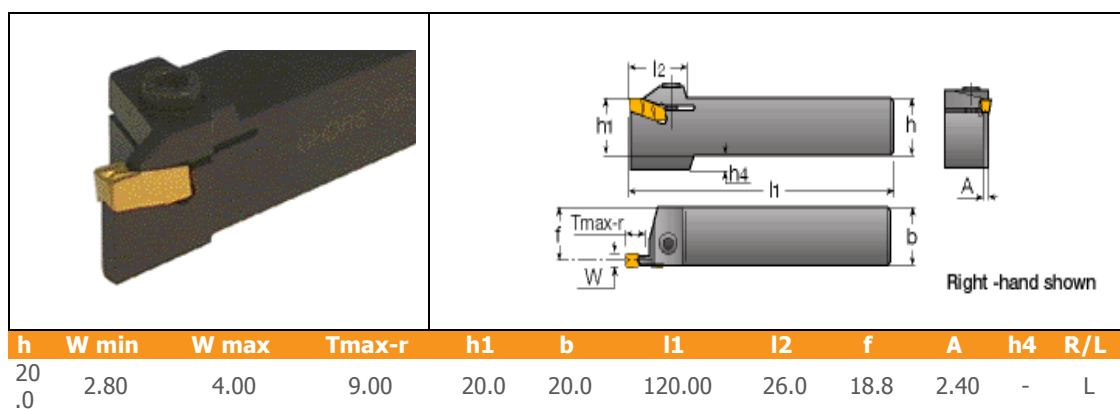
▪ Nůž hladicí **SCACR 1212M-09**



▪ Nůž závitový **SEL 2020 K16**



▪ Nůž zápichový **GHDL 20-3**



▪ Trapézový nůž – použitý nůž z původní technologie

- Fréza na drážky H-SEM4040 povlakovaná



Dc[mm]	d [mm]	L [mm]	Lc[mm]
4	4	50	11

Řezné podmínky:

Řezná rychlost: $vc = 40 \text{ m.min}^{-1}$

Posuv na zub: $fz = 0,1 \text{ mm}$

Počet zubů frézy: $z = 4$

- Fréza na drážky pr.21 speciál zachována z původní technologie

4.2.2 Broušení

Zachována původní technologie.

5. Technicko – ekonomické zhodnocení

Náklady na operace soustružení a frézování jsou počítány pro jeden kus obrobku. V hodinové sazbě stroje je i započítána hodinová sazba pracovníka.

5.1 Stávající technologie výroby

<i>Soustružení (soustruh SU 50)</i>	
Strojní čas:	62 min
Přípravný čas:	30 min
Celkový čas:	92 min

- Hodinová sazba soustruhu SU 50: 750 Kč/hod

Náklady na operaci soustružení činí **1150 Kč**

<i>Frézování (FGS 50-63)</i>	
Strojní čas:	45 min
Přípravný čas:	30 min
Celkový čas:	75 min

- Hodinová sazba frézky FGS 50-63: 750 Kč/hod

Náklady na operaci frézování činí **938 Kč**

5.2 Nová technologie

<i>Soustružení + frézování (GILDEMEISTER CTX 620 linear)</i>	
Strojní čas:	65 min
Přípravný čas:	30 min
Celkový čas:	95 min

- Hodinová sazba stroje (GILDEMEISTER CTX 620 linear): 1050 Kč/hod

Náklady na operaci soustružení + frézování činí **1662 Kč**

5.3 Porovnání nákladů

Technologie	Náklady
Stávající technologie (<i>SU 50 + FGS 50-63</i>)	2088 Kč
Nově navržená technologie (<i>Gildemeister CTX 620 linear</i>)	1662 Kč

Zavedením nové technologie se sníží náklady na operace soustružení + frézování o 21%.

6. Závěr

Cílem bakalářské práce bylo převedení dané součásti z důvodu navýšení její produkce na modernější a výkonnější obráběcí stroje, což byl v tomto případě univerzální CNC soustruh Gildemeister CTX 620 linear s řídicím systémem Heidenhain iT plus. Hlavním důvodem pro výběr tohoto stroje byla možnost realizace operací soustružení a frézování na tento stroj. Dalším krokem bylo navrhnout moderní nástroje. Vybrány byly nástroje s vyměnitelnými břitovými destičkami ze slinutých karbidů firmy ISCAR.

Výsledkem zavedení nové technologie je snížení nákladů oproti stávající technologii o 21%, to se podařilo hlavně díky sjednocení operací soustružení a frézování na jeden stroj.

Cíle práce byly splněny, tudíž zavedení nové technologie přineslo požadovaný efekt.

Použitá literatura:

- [1] BEROUN, S. *Úvod do strojírenství*. Liberec: Technické univerzita v Liberci, 2001, 190 s. ISBN 80 – 7083 – 538 – 9.
- [2] KOČMAN, K.; PROKOP, J. *Technologie obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM s.r.o. Brno, 2001, 270s. ISBN 80 – 214 – 1996 – 2.
- [3] HUMÁR, A. *Slinuté karbidy a řezná keramika pro obrábění*. Brno: CCB s.r.o. Brno, 1995, 265s. ISBN 80 – 85825 – 10 – 4.
- [4] KRATOCHVÍL, J. *Obráběcí stroje*. Praha: České vysoké učení technické Praha, 1993, 205s. ISBN 80 – 01 – 00958 – 0.
- [5] VASILKO, K.; NOVÁK-MARCINČIN, J; HAVRILA, M. *Výrobné inženýrstvo*. [1] Prešov: Datapress Prešov, 2003, 424s. ISBN 80 – 7099 – 995 – 0.
- [6] NESLUŠAN, M; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R; TABAČEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábaní*. [1] Žilina: EDIS Žilina, 2007, 343 s. ISBN 978 – 80 – 8070 – 711 – 8.
- [7] BRYCHTA, J.; HAVRILA, M.; JURKO, J.; ZAJAC, J. *Top trendy v obrábaní, 1.část – Obrábané materiály*. Žilina: Media/ST, s.r.o., Žilina, 2006, 193 s. ISBN 80 – 968954 – 2 – 7.
- [8] ZAJAC, J.; JURKO, J; ČEP, R. *Top trendy v obrábaní, 2.část – Nástrojové Materiály*. [1] Žilina, 2006, 193 s. ISBN 80 – 968954 – 2 – 7.

- [9] VASILKO, K.; HAVRILA, M.; MARCINCIN-NOVÁK, J.; MÁDL, J.; ZAJAC, J

Top trendy v obrabání, 3.část - Technologie obrabání [1] Žilina: Media/ST

s.r.o. Žilina, 2006, 214 s. ISBN 80 – 968954 – 2 – 7.

Použité webové stránky:

- www.iscar.cz
- www.linea-naradi.cz
- www.prodej-nastroju.cz
- www.zps-fn.cz

Seznam příloh:

- Výkres obrobené součásti
- Technologický postup původní technologie
- CD nosič obsahující bakalářskou práci